వాతావరణం

1. పరమాణువులు – పీడనం

భూమి చుట్టూ, మన చుట్టూ ఉన్న గాలినే వాతావరణం అంటాం. ఇది (అట్మాస్ఫియర్) గాలి బంతి అన్న అర్థం గల గ్రీకు పదాల నుండీ వచ్చింది.

సామాన్యంగా మనం గాలి ఉనికిని పెద్దగా పట్టించుకోం. గాలి కంటికి కనిపించదు. స్పర్శకి తెలియదు. అసలేమీ లేనట్టే ఉంటుంది. కేవలం గాలి మాత్రమే ఉన్న పెట్టె తెరిచి చూస్తే అరె! ఇందులో ఏమీ లేదే? ఖాళీగా ఉందే అనుకుంటాం.

అయినా కూడా గాలి ఉందని మనకు తెలుసు. గాలి మన స్పర్శకి తెలియదు అన్నప్పుడు, *నిశ్చలంగా* ఉన్న గాలి స్పర్శకి తెలియదు అని నా ఉద్దేశం. కాని సూర్యతాపం వల్ల గాలి వేడెక్కుతుంది. కొన్ని ప్రదేశాలలో ఎక్కువగాను, కొన్ని చోట్ల తక్కువగాను వేడెక్కుతుంది. వేడెక్కిన గాలి పై కి లేచినప్పుడు చల్ల గాలి దాని స్థానాన్ని ఆక్రమిస్తుంది. అలా చలనంగల గాలినే పవనం (విండ్) అంటాము.

ఎదురు గాలి మన ముఖాన్ని, శరీరాన్ని తాకినప్పుడు ఆ స్పర్శ మనకు తెలుస్తుంది. చలి కాలంలో అలాంటి గాలి మనను చాలా ఇబ్బంది పెడుతుంది. చలిగాలి మన శరీరంలోని వేడిని కాజేస్తుంది. దాంతో మనకి ఇంకా చలిగా అనిపిస్తుంది. అదే వేసంకాలంలో అయితే గాలి వీచినప్పుడు చల్లగా, హాయిగా అనిపిస్తుంది.

గాలి బలంగా వీచినప్పుడు కూడా ఇబ్బందే. ఎందుకంటే బలమైన గాలులు చాలా విధ్వంసం చెయ్యగలవు. తుఫానులు, టోర్నడోలు వచ్చినప్పుడు ఆ గాలి ఎంత ఉధృతంగా ఉంటుందంటే ఆ గాలి పెద్ద పెద్ద చెట్లని కూకటి వేళ్ళతో పెకలించగలదు. పెద్ద పెద్ద ఇళ్లని నేలమట్టం చెయ్యగలదు. గాలి యొక్క ఆ స్వరూపం తెలిశాక కూడా ఇందులో ఏమీ లేదే అనడానికి వీల్లేదు.

కంటికి కనిపించక పోయినా గాలిలో ఏదో ఉందని మన పూర్వీకులు గ్రహించారు. గ్రీకు తాత్వికుడు అనాక్సిమీనిస్ (క్రీపూ 570–500) గాలి ఒక మూల పదార్థమని, తక్కిన అన్ని పదార్థాలు గాలి నుండే ఉద్భవించాయని తలపోశాడు.

అయితే ఈ సిద్ధాంతాన్ని అందరూ ఒప్పుకోలేదు. ఎంపిడోక్లీస్ (క్రీపూ 492–432) అనే మరో గ్రీకు తాత్వవేత్త కాస్త వేరుగా ఆలోచించాడు. గాలి కూడా ముఖ్యమైనదే, అది మూల పదార్థమే. కాని ఈ భూమిలో గాలి కాకుండా పృథ్వి, నీరు, అగ్ని అనే మరో మూడు

మూలపదార్థాలు ఉన్నాయని అతడి ఆలోచన. ఈ నాలుగు మూల పదార్థాలు ఉన్నాయన్న భావన ఇంచుమించు రెండు వేల ఏళ్ళ పాటు నిలిచింది.

గాలికి ఇతర పదార్థాలకి మధ్య ఎన్నో తేడాలు ఉన్నాయి. నీరు కంటికి కనిపిస్తుంది. పృథ్వి అందులో ఉన్న వివిధ వస్తువులు – రాళ్లు, మట్టి, చెట్లు, జంతువులు, మొక్కలు మొ|| – అన్నీ కంటికి కనిపిస్తాయి. అగ్ని కూడా కంటికి కనిపిస్తుంది. కాని గాలిని చూడలేం. మరి నిజంగా ఉందా? నిశ్చయంగా ఉంది. అందుకే గాలి ఓ ప్రత్యేకత గల పదార్థం. గాలి కూడా లేదంటే ఇక అసలేమీ లేదన్నమాట.

నిశ్చలంగా ఉన్న గాలిలో కూడా ఏదో ఉంది అని నిరూపించిన మొట్టమొదటి వ్యక్తి హీరో అనబడే గ్రీకు ఇంజినీరు. హీరో ఈ ప్రయోగాన్ని రమారమి క్రీశ 50 లో చేశాడు. (హీరో పుట్టుపూర్వోత్తరాలు మనకి కచ్చితంగా తెలీదు.)

ఒక గిన్నెని నీట్లో బోర్లిస్తే, ఆ గిన్నెలోకి నీరు ప్రవేశించదు అన్న సత్యాన్ని హీరో నిరూపించాడు. బోర్లించిన గిన్నెలో ముందే నిండుగా గాలి ఉంది కనుక ఇక అందులోకి నీరు ప్రవేశించడానికి స్థలం లేదు. అదే ఆ గిన్నెకి అడుగు భాగంలో చిన్న కన్నం చేస్తే అందులోంచి గాలి బయటికి పోయి, నీరు లోపలికి ప్రవేశిస్తుంది.

హీరో గాలి గురించి మరో విచిత్రమైన విషయం కూడా కనుక్కున్నాడు. గాలి బరువు చాలా తక్కువ. ఒక పాత్రలో మట్టిగాని, నీరు గాని పోస్తున్నప్పుడు, పోస్తున్న కొద్దీ పాత్ర బరువు పెరుగుతుంది. ఒక దశలో ఇక మోయలేనంతగా బరువు పెరుగుతుంది. అలా కాకుండా ఒక బెలూన్ లో గాలి నింపితే అది ఖాళీ బెలూన్ కన్నా ఎక్కువ బరువుగా ఏమీ అనిపించదు.

గాలికి మరి బరువు ఉందా? ఈ ప్రశ్నకి హీరో ఇచ్చిన సమాధానం డెమాక్రిటస్ (470–380 క్రీపూ) అనే మరో గ్రీకు తాత్వికుడి భావాల మీద ఆధారపడి ఉంటుంది. మన చుట్టూ ఉన్నదంతా కంటికి కనిపించనంత చిన్న రేణువులతో సమకూడి ఉందని తలపోశాడు డెమాక్రిటస్. ఆ రేణువులు ఎంత చిన్నవంటే అంత కన్నా చిన్న రేణువులు సాధ్యం కాదు. ఆ రేణువుకే ఆటం (పరమాణువు) అని పేరు పెట్టాడు. అది అభేద్యం అన్న అర్థం గల గ్రీకు పదం నుండి వచ్చింది.

డెమాక్రిటస్ చెప్పిన విషయాలని కూడా చాలా మంది నమ్మలేదు. కాని హీరో నమ్మాడు. ఆటంలు ఉన్నాయని నమ్మాడు హీరో. అంతే కాకుండా ద్రవాలలోను, ఘనపదార్థాల లోను ఆటం లు ఒక దాన్నొకటి తాకుతూ ఉంటాయి అనుకున్నాడు. అలాంటప్పుడు ప్రత్యేక పరమాణువుల బరువు ఎంత తక్కువ అయినా అలాంటి అసంఖ్యాకమైన పరమాణువులు దగ్గరదగ్గరగా పదార్థం అంతా వ్యాపించి ఉంటాయి కనుక వస్తువు బరువు ఎక్కువ అవుతుంది.

అలా కాకుండా గాలిలో అయితే పరమాణువులు దూరదూరంగా ఉంటాయి. కనుక ఒక గాలి రాశిని తీసుకుంటే అందులో చాలా తక్కువ సంఖ్యలో పరమాణువులే ఉంటాయి. అందుకే గాలికి బరువు లేనట్టూ, ద్రవాలని, ఘనాలకి బరువు ఉన్నట్టు అనిపిస్తుంది.

అంతే కాకుండా మట్టి లోను, నీటిలోను పరమాణువులు అప్పటికే బాగా దగ్గరదగ్గరగా ఉండడం చేత ఇక వాటిని ఇంకా దగ్గరగా కుదించడానికి కుదరదు. అందుకే ద్రవాలని, ఘనాలని వాటి సహజ పరిమాణాల కన్నా తక్కువ పరిమాణాలకి కుదించడం సాధ్యం కాదు.

కాని గాలిని కుదింపజేయడం సాధ్యం అవుతుంది. ఎందుకంటే అంతకు ముందు దూరదూరంగా ఉన్న పరమాణువులని దగ్గరకి తెచ్చే అవకాశం ఉంది కనుక.

డెమాక్రిటస్ విషయంలో లాగానే, మన హీరో గారి గోల ఎవరూ పట్టించుకోలేదు. అలా కొన్ని శతాబ్దాలు గడిచాయి. నిజంగా పరమాణువులు ఉన్నాయా అని మనుషులు ప్రశ్నించడం ప్రారంభించారు. 1662లో రాబర్ట్ బాయిల్ అనే శాస్త్రవేత్త ఈ విషయం ఏంటో తేల్చుకోవాలి అనుకున్నాడు.

పదిహేడు అడుగుల పొడవు ఉండి, జె అక్షరం ఆకారంలో ఉన్న ఓ గాజు గొట్టాన్ని తీసుకున్నాడు బాయిల్. దాని పొడాపైన కొస మూసి ఉంది. పొట్టిగా ఉన్న కొస తెరుచుకుని ఉంది. తెరుచుకుని ఉన్న పొడపైన కొస నుండి నాళం లోకి పాదరసం నింపుతూ వచ్చాడు. పాదరసం నాళం అడుగున పేరుకోసాగింది. పాదరసానికి అవతల నాళంలో ముందే ఉన్న గాలి పాదరసం అడుగున చిక్కుకుంది. పాదరసం మోతాదు పెరుగుతున్న కొలది అడుగున చిక్కుకున్న గాలి పరిమాణం తగ్గుతూ వచ్చింది. హీరో చెప్పింది నిజం అని తేలింది.

నాలుగు మూల పదార్థాలు ఉన్నాయన్న గ్రీకు భావనను కూడా బాయిల్ సమ్మతించలేదు. ఒక పదార్థం మూల పదార్థమా, అంటే మూలకమా, కాదా పరీక్షించడానికి సులభమైన పరీక్ష, ఆ పదార్థం అంత కన్నా సరళమైన పదార్థంగా రూపాంతరం కాగలదా లేదా చూడడమే. మరో పదార్థంగా రూపాంతరం చెందలేని పదార్థమే మూలకం అవుతుంది.

1803 నుండి పరమాణువులు ఉన్నాయన విషయాన్ని వైజ్ఞానిక ప్రపంచం సమ్మతించసాగింది. క్రమేపీ ఆ నమ్మకం సార్వజనీనం అయ్యింది. ఈ పరమాణువులు చిన్న చిన్న సందోహాలుగా ఏర్పడాతాయని, ఆ సందోహాలని అణువులు (molecule) అంటారని ఇప్పుడు మనకు తెలుసు. ఈ మాలిక్యూల్ అన్న పదం చిన్న వస్తువు అన్న అర్థం గల లాటిన్ పదం నుండి వచ్చింది.

మరి గాలిలో అణువులు ఉన్నాయంటే గాలికి తప్పకుండా బరువు ఉండి తీరాలి. అయితే అణువులు దూరదూరంగా ఉంటాయి కనుక గాలి బరువు పెద్దగా ఉండదు. ఎంత తక్కువైనా ఎంతో కొంత ఉండాలిగా? ఇటాలియన్ శాస్త్రవేత్త ఎవాంజెలిస్టా టొరిసెల్లీకి (1608–1647) 1643 లో సరిగ్గా ఇదే ఆలోచన వచ్చింది.

నీటిని ఎత్తుకి ఎలా పంపు చెయ్యాలి అన్న సమస్య గురించి ఆలోచిస్తునాడు అతను. నీటిని దాని మట్టం కన్నా 400 ఇంచిలు పై కి ఎత్తవచ్చు. కాని ఎంత పంపు చేసినా అంత కన్నా ఎత్తుకి ఎత్తడానికి సాధ్యపడలేదు.

చుట్టూ ఉన్న గాలి నీటిని పై కి ఎత్తుతోంది కనుక నీటిని అంత వరకు అయినా పంపు చెయ్యడానికి వీలవుతోందని భావించాడు టొరిసెల్లీ. నీటి మీద వత్తిడి చూపుతున్న గాలి స్తంభం బరువు 400 ఇంచిల నీటి స్తంభం బరువుతో సమానం అన్నమాట.

ఈ విషయాన్ని పాదరసంతో అయితే బాగా పరీక్షించవచ్చు. పాదరసం బాగా సాంద్రమైన ద్రవం. నీటి సాంద్రత కన్నా దాని సాంద్రత 13.4 రెట్లు ఎక్కువ. అంటే ఒక ఇంచి పెడల్పు, 30 ఇంచిల పొడవు ఉన్న పాదరసపు స్తంభం బరువు, ఒక ఇంచి పెడల్పు, 400 ఇంచిల పొడవు ఉన్న నీటి స్తంభం బరువుతో సమానం అన్నమాట.

టొరిసెల్లీ ఒక పక్క మూసి ఉన్న నాలుగు అడుగుల పొడవు ఉన్న గొట్టాన్ని తీసుకున్నాడు. దాన్ని పాదరసంతో నింపి అవతలి పక్క కూడా బిరడాతో మూసేశాడు. దాన్ని పాదరసంతో నిండిన ఓ పెద్ద గిన్నెలోకి బోర్లించి బిరడా తీసేశాడు. గొట్టంలో ఉన్న పాదరసం మొత్తం కింద ఉన్న గిన్నెలోకి జారిపోలేదు. ఇంకా 30 ఇంచిల పొడవు ఉన్న పాదరసం గొ ట్టంలోనే ఉండిపోయింది. ఆ పాదరసం బరువుని గాలి మోస్తోంది అన్నమాట.

ప్రత్యేక వైశాల్యం ఉన్న తలం మీద గాలి చూబించే వత్తిడిసే వాయు పీడనం అంటారు. ముప్పై ఇంచిల పాదరసాన్ని గాని, 400 ఇంచిల నీటిని గాని మోయాలంటే, వాయు పీడనం విలువ ఒక చదరపు ఇంచి మీద 15 పౌన్ల తో సమానం అయ్యుండాలి.

మరి మన శరీరం మీద అణువణువునా గాలి అంత బరువు మోపుతున్నా కూడా ఆ వత్తిడి మనకి తెలియకపోవడం కాస్త ఆశ్చర్యంగా అనిపిస్తుంది. గాలి మన శరీరం మీద అన్ని దిశల నుండి వత్తిడి చేస్తుంది. మన శరీరంలోనూ ఉన్న వాయువులు, ద్రవ్యాలు ఆ వత్తిడికి ప్రతికూలంగా వత్తిడి చేస్తాయి. ఆ కారణం చేత మనకి వాయుపీడనం తెలియదు.

వాయుపీడనాన్ని కొలవడానికి టారిసెల్లీ రూపొందించిన పాదరసం స్తంభాన్ని ఇప్పుడు బారోమీటర్ అంటున్నాం. వాయుపీడనంలో సహజంగా కాలానుగతమైన మార్పులు వస్తుంటాయి. బారోమీటర్ సహాయంతో వాయుపీడనంలో మార్పులు గమనించి వాతావరణంలో మార్పులని కనిపెట్టవచ్చు.

టారిసెల్లీ ప్రయోగం ఓ ముఖ్యమైన విషయాన్ని తెలిపింది. ప్రాచీన కాలంలో వాయుమండలం ఏకంగా చంద్రుడి వరకు, ఆ పైన ఇంకా గ్రహాల వరకు విస్తరించి ఉందని నమ్మేవారు.

మరి మన నెత్తిన అంత గాలి ఉంటే దాని బరువు ఇంకా చాలా ఎక్కువై ఉండాలి. ఎంత ఎత్తుకి పోయినా గాలి సాంద్రత మారదు అనుకుంటే, ఒక చదరపు ఇంచి మీద పదిహేను పౌన్ల వత్తిడిని చూబించడానికి వాయు మండలం యొక్క మందం ఐదు మైళ్లు ఉండి ఉండాలి.

అంతే కాకుండా గాలిలోకి పై పై కి పోతున్న కొ లది వాయుపీడనం తగ్గుతుంది. ఎందుకంటే ఇప్పుడు కొంత భాగం గాలి మన అడుగున ఉంటుంది. మన పైనున్న గాలి మాత్రమే మన మీద వత్తిడి ప్రదర్శిస్తుంది. కనుక పై పై కి పోతున్న కొలది వత్తిడి ఇంకా ఇంకా తగ్గిపోతుంది.

ఫ్రెంచి శాస్త్రవేత్త బ్లెయిస్ పాస్కల్ (1623–1662) తన మరిదికి రెండు బారోమీటర్లు ఇచ్చి ఫ్రాన్స్ లో ఓ కొండ ఎక్కమని పంపించాడు. ఎత్తు పెరుగుతున్న కొలది పాదరసం మట్టం తగ్గుతూ రావడం గమనించాడు ఆ మరిది.

ఎత్తు పెరుగుతున్న కొలది గాలి సాంద్రత మారుతూ వస్తుంది. వాయుమండలంలోని అట్టడుగు పొరలు పైన మైళ్ళ ఎత్తు ఉన్న వాయుస్తంభం బరువు మొయ్యాల్సి ఉంటుంది. ఆ బరువు వల్ల కింది పొరల మీద చాలా వత్తిడి ఉంది. పై కి పోతున్న కొలది ఆ పై న ఇంకా తక్కువ గాలే ఉంటుంది కనుక, వత్తిడి తక్కువ అవుతుంది.

అదే విధంగా పై కి పోతున్న కొలది సాంద్రత తక్కువ అవుతూ వస్తుంది. అంటే గాలిలో అణువులు కదలడానికి ఇంకా ఎక్కువ అవకాశం ఉంటుంది. ఒకే బరువు ఉన్న గాలి ఘనపరిమాణం ఎత్తులో ఇంకా ఎక్కువ అవుతుంది. అందుకే వాయు మండలం యొక్క ఎత్తు ఐదు మైళ్ళ కన్నా ఎక్కువ అయ్యుండాలి. అంటే గాలి బరువు ఎక్కువని కాదు. అది అనుకున్న దాని కన్నా ఎక్కువ స్థలాన్ని ఆక్రమిస్తుంది అని మాత్రమే దాని అర్థం.

అలా పై పై కి పోతున్న కొలది గాలి క్రమంగా పలుచనై చివరికి ఇంచు మించు శూన్యంగా మారిపోతుంది. ఆ స్థితిలో ఇక అక్కడో అణువు, ఇక్కడో అణువు మించి ఉండవు. దాన్నే వాక్యూమ్ (శూన్యం) అంటారు. ఈ వాక్యూమ్ అన్న గ్రీకు పదానికి ఖాళీ అని అర్థం. ఈ

వాక్యూమ్ లేదా శూన్యం చంద్రుడి వరకు, ఆపై సుదూర తారల వరకు కూడా విస్తరించి ఉంటుంది. భూమి చుట్టూ ఈ సన్నని గాలి పొర ఉంది గనుకనే మనలాంటి వాళ్లమంతా బతికి బట్టకట్ట గలుగుతున్నాము.

2. వాయువులు

మూత లేని గిన్నెలో పోసిన నీరు క్రమంగా ఆవిరైపోతుంది. అలా ఆవిరైన నీరు ఏమవుతుంది?

నీటి అణువులు మెల్లమెల్లగా పైనున్న గాల్లోకి ప్రవేశించి దూరదూరంగా విస్తరిస్తాయి. అలా విస్తరించిన నీటి అణువులనే ఆవిరి (వేపర్) అంటారు. ఈ వేపర్ అన్నది ఆవిరి అన్న అర్థం గల లాటిన్ పదం నుండి వచ్చింది. ఈ ఆవిరి గాల్లోకి లేచి చల్లబడి తిరిగి నీటి బిందువులుగా మారుతుంది. అలాంటి బిందువులు తగినన్ని ఉంటే వాటినే మబ్బులు అంటారు. ఆ మబ్బుల్లో నీరు వర్ష రూపంలో తిరిగి భూమిని చేరుతుంది. నేల మీద పడ్డ నీరు ఎండిపోయి ఆవిరై మళ్లీ వాయు రూపంలోకి మారిపోతుంది.

ఆల్కహాల్, టర్పెంటయిన్ వంటి ద్రవ్యాలు కూడా ఆవిరవుతాయి. ద్రవ్యాలని వేడి చేస్తే ఇంకా తొందరగా ఆవిరి అవుతాయి. ఆ ఆవిరులని చల్లార్చితే మళ్లీ ద్రవ్యరూపానికి వస్తాయి. కాని గాలి కాస్త ప్రత్యేకం. ఎంత చల్లార్చినా అది ద్రవ్య రూపంలోకి మారదు. అంటార్కిటికాలోని తీవ్రమైన శీతాకాలపు పరిస్థితులలో అయినా సరే అది ద్రవీభవించదు!

1520 లలో జాన్ బాప్టిస్టా వాన్ హెల్మాంట్ (1580-1644) అనే బెల్జియం దేశానికి చెందిన రసాయనిక శాస్త్రవేత్త ఆవిరుల మీదకి తన ధ్యాస మళ్లించాడు. ద్రవ్యాలకి, ఘనపదార్థాలకి కచ్చితమైన ఘనపరిమాణం ఉండడం, ఆవిరులకి అది లేకపోవడం అతడికి ఆశ్చర్యం కలిగించింది. ఒక పాత్రలో కాస్త ఇసుక గాని, నీరు గాని తీసుకుంటే అది ఆ పాత్రలో ఒక భాగం మాత్రమే ఆక్రమిస్తుంది. అదే ఆవిరి అయితే పాత్ర అంతా నిండిపోతుంది.

ద్రవాలతోను, ఘనాలతోను పోల్చితే ఆవిరులు (గాలి కూడా) అల్లకల్లోలంగా ఉండే పదార్థాలు కాబోలు అని భావించాడు హెల్మాంట్.

అలాగే అల్లకల్లోలంగా ఉండే ఆదిమ పదార్థం నుండి విశ్వం ఆవిర్భవించింది అని భావించేవారు ప్రాచీన గ్రీకులు. ఆ ఆదిమ పదార్థానికే వాళ్లు కెయాస్ అని పేరు పెట్టారు. ఈ గాలి, ఆవిరులు ఆ ఆదిమమైన అల్లకల్లోల స్థితిలో ఉన్నాయి గనుక వాటిని కెయాస్ అని

పిలువసాగాడు. అయితే ఆ పదాన్ని వాన్ హేల్మాంట్ తన స్వంత భాషలో, స్వాభావికమైన పద్ధతిలో ఉచ్ఛరించినప్పుడు ఆ కెయాస్ కాస్తా గ్యాస్ గా పరిణమించింది.

చివరికి ఆ మాటే అందరూ స్వీకరించారు. నేడు మనం గాలి, వాయువులు మొదలైన పదార్థాలన్నిటినీ గ్యాస్ లుగా నే పరిగణిస్తాం.

వాన్ హెల్మాంట్ మండే కట్టె నుండి ఓ ప్రత్యేకమైన వాయువుని వెలికితీశాడు. దానికి గ్యాస్ సిల్వెస్టర్ అని పేరు పెట్టాడు. అంటే కట్టె నుండి వచ్చిన వాయువు అని అర్థం. అది నిజానికి ఆవిరి కాదు. ఎందుకంటే చల్లార్చితే ద్రవంగా మారదు. అది కచ్చితంగా గాలి కూడా కాదు. ఎందుకంటే గాలికి కాస్త భిన్నంగా ప్రవర్తిస్తోంది.

వాన్ హెల్మాంట్ చేసిన కృషికి గొప్ప స్పందన ఉందనడానికి లేదు. కాని 1756 లో జోసెఫ్ బ్లాక్ (1728-1799) అనే స్కాటిష్ రసాయన శాస్త్రవేత్త సున్నపు రాయిని వేడి చేస్తే అది మరో పదార్థంగా – సున్నంగా – మారిపోతుందని కనుక్కున్నాడు. ఆ చర్యలో వెలువడ్డ వాయువుని బ్లాక్ శ్రద్ధగా పరిశీలించాడు. ఈ వాయువు, వాన్ హెల్మాంట్ కనుక్కున్న వాయువు రెండూ ఒక్కటే అని తేలింది. ఈ వాయువునే నేడు మనం కార్బండయాక్సయిడ్ అంటున్నాం.

కార్బడయాక్సయిడ్ ని సున్నంతో సంపర్కంలో ఉంచితే అది క్రమంగా సున్నపు రాయిగా మారిపోతుంది. మరీ విడ్డూరం ఏంటంటే సున్నాన్ని ఊరికే అలా గాల్లో వదిలేసినా కూడా అది క్రమంగా సున్నపురాయిగా మారిపోతుంది. అయితే ఈ మార్పు కాస్త మెల్లగా జరుగుతుంది.

ఈ చర్యను బట్టి గాల్లో కాస్త కార్బండయాక్సయిడ్ కలిసి ఉందని గమనించాడు బ్లాక్.

దీన్ని బట్టి గాలి ఓ సరళమైన, సమజాతీయమైన పదార్థం కాదని అర్థమయ్యింది. అందులో కార్బండయాక్సయిడ్ కలిసి ఉంది కనుక అది పలు వాయువుల మిశ్రమం అయ్యుండాలి. అయితే గాల్లో కార్బండయాక్సయిడ్ పాలు కేవలం 0.035 శాతం (రమారమి 1/3000) మాత్రమే.

అదే విధంగా మనుషులు విడిచే శ్వాసలో మామూలు గాలిలో కన్నా ఎక్కువ పాలు కార్బండయాక్సయిడ్ ఉంటుంది అని బ్లాక్ కనుక్కున్నాడు. మనుషులు విడిచిన శ్వాసలో సున్నాన్ని ఉంచితే అది గాల్లో కన్నా వేగంగా సున్నపురాయిగా మారుతుంది. అలాగే కొవ్వొత్తి మండినప్పుడు కూడా కార్బండయాక్సయిడ్ పుడుతుంది.

మామూలు గాలికి కార్బండయాక్సయిడ్ కి మధ్య ఓ ముఖ్యమైన తేడా ఉందని కనుక్కున్నాడు బ్లాక్. కొవ్వొత్తి గాల్లో మండుతుంది గాని కార్బండయాక్సయిడ్ లో మండదు. మూసిన పాత్రలో కొవ్వొత్తిని మండించడానికి ప్రయత్నించాడు బ్లాక్. మైనం పూర్తిగా ఆవిరయ్యే లోపలే కొవ్వొత్తి ఆరిపోయింది. ఈ ఫలితం బ్లాక్ కి ఆశ్చర్యం కలిగించలేదు. మండే కొవ్వొత్తి నుండి కార్బండయాక్సయిడ్ పుడుతుంది గనుక కొవ్వొత్తి మండుతూ పోతే ఒక దశలో పాత్రలో కార్బండయాక్సయిడ్ మరీ ఎక్కుపై కొవ్వొత్తి దీపాన్ని ఆర్పేసి ఉంటుంది.

అలా కార్బండయాక్సయిడ్ నిండిన పాత్రలో ఇప్పుడు బ్లాక్ సున్నాన్ని ప్రవేశపెట్టి కార్బండయాక్సయిడ్ ని తొలగించాడు. పాత్రలో ఇంకా ఏదో వాయువు ఉంది. అది కార్బండయాక్సయిడ్ మాత్రం కాదు. అయినా కూడా కొవ్వొత్తిని మళ్లీ ఆ గాలిలో మండించడానికి ప్రయత్నిస్తే మండలేదు.

ఇది చూసి బ్లాక్ ఆశ్చర్యపోయాడు. ఏం జరుగుతోందో అర్థం కాక సమస్యని తన శిష్యుడు డేనియల్ రూథర్ఫర్డ్ (1749-1819) అనే స్కాటిష్ రసాయన శాస్త్రవేత్తకి అప్పజెప్పాడు. 1772 లో రూథర్ఫర్డ్ బ్లాక్ చేసిన ప్రయోగాలని మళ్లీ శ్రద్ధగా చేసి చూశాడు. కార్బండయాక్సయిడ్ ని తొలగించిన పాత్రలో మిగిలింది మామూలు గాలి మాత్రం కాదు. ఎందుకంటే అందులో కొవ్వొత్తి మండడం లేదు.

ఆ రోజుల్లోనే జ్వలనం ఎలా జరుగుతుంది అన్న విషయం మీద శాస్త్రవేత్తలు ఏవేవో సిద్ధాంతాలు రూపొందించే ప్రయత్నంలో ఉన్నారు. జ్వలనానికి ఫ్లాగిస్టాన్ అనే ఓ ప్రత్యేకమైన పదార్థం అవసరమని వాళ్ల ఊహ. ఈ ఫ్లాగిస్టాన్ అన్న పదం మండించడం అన్న అర్థం గల గ్రీకు పదం నుండి వచ్చింది. ఏదైనా వస్తువు మండుతున్నప్పుడు ఆ మండుతున్న వస్తువు నుండి ఫ్లాగిస్టాన్ పుట్టి గాల్లో కలుస్తుంది. ఫ్లాగిస్టాన్ తో నిండిపోయిన గాలి ఇక అదనంగా ఫ్లాగిస్టాన్ ని స్వీకరించదు. అలాంటి గాలికి రూథర్ఫర్డ్ ఫ్లాగిస్టికేటెడ్ ఎయిర్ (ఫ్లాగిస్టీకృతమైన గాలి) అన్న భార నామధేయాన్ని ఇచ్చాడు.

కొంత కాలం తరువాత రూథర్ఫర్డ్ కనుక్కున్న వాయువు నైట్రోజెన్ అని తెలిసింది. నైటర్ ని ఉత్పన్నం చేసేది అన్న అర్థం గల గ్రీకు పదం నుండి అది పుట్టింది. ఎందుకంటే నైటర్ అన్న ఖనిజం నుండి ఈ వాయువును వెలికి తీయవచ్చు.

1774 జోసెఫ్ ప్రీస్ట్లీ (1733-1804) అనే ఇంగ్లీష్ రసాయన శాస్త్రవేత్త మరో వాయువుని కనుక్కున్నాడు. ఈ వాయువుని పరీక్షించాలన్న ఉద్దేశంతో జోసెఫ్ ప్రీస్ట్లీ ఆ వాయువుని ఒక గాజు నాళం ద్వార పాదరసం ఉన్న పాత్రలోకి పోనిచ్చి, ఆ పాదరసం మీద బోర్లించిన పాత్రలో సేకరింపబడేట్టు ఏర్పాటు చేశాడు.

బోర్లించిన పాత్రలో సేకరింపబడుతున్న గాలి ఆ పాత్రలో ముందు ఉన్న పాదరసాన్ని క్రమంగా ప్రతిక్షేపిస్తూ వచ్చింది. అప్పుడు అతడు బోర్లించిన పాత్రకి మూతపెట్టి, ఆ పాత్రని పాదరసం ఉన్న పాత్ర లోంచి బయటికి తీసి దాని ముఖం పైకి వచ్చేట్టు తిప్పాడు.

ఇలా చెయ్యడం వల్ల ఆ వాయువు ఎక్కడా గాల్లో కలియలేదు కనుక దాని లక్షణాలని విపులంగా పరిశీలించడానికి వీలయ్యింది. కొన్ని వాయువులు నీట్లో కలుస్తాయి కనుక ఈ ప్రయోగంలో ఎక్కడా నీరు లేకుండా జాగ్రత్తపడడం జరిగింది.

ఈ ప్రయోగాలతో ప్రీస్ట్లీ ఆసక్తి పాదరసం మీదకి మళ్లింది. పాదరసాన్ని బాగా వేడి చేస్తే దాని ఉపరితలం మీద తుప్పు పట్టినట్టు ఎర్రని పొడి ఏర్పడడం గమనించాడు. ఆ పొడిని సేకరించి వేడి చేస్తే అది మళ్లీ మెరిసే చిన్న చిన్న పాదరసపు బిందువులుగా మారడం గమనించాడు. అలా వేడి చేసినప్పుడు అందులోంచి ఏదో వాయువు వెలువడడం కూడా గమనించాడు.

ఈ కొత్త వాయువును ఓ పాత్రలోకి సేకరించి దాని లక్షణాలని పరీక్షించసాగాడు ప్రీస్ట్లీ. మామూలు గాలిలో కన్నా ఈ కొత్త వాయువులో అయితే వస్తువులు మరింత సులభంగా మండుతున్నాయని గమనించాడు. ఈ చిన్న కర్రపుల్లకి ఒక కొసలో నిప్పు అంటించాడు. కాసేపు అయ్యాక మంట ఆర్పేశాడు. కర్ర పుల్ల కొసలో ఇప్పుడు మంటలేకుండా కేవలం నిప్పు కణిక రగులుతోంది. ఆ నిప్పు కణికని ఈ కొ త్త వాయువులోకి ప్రవేశపెడితే కణిక భగ్గున మండింది.

గాలిలో ఫ్లాగిస్టాన్ పాలు చాలా తక్కువ కాబోలు. అందుకే కట్టె అందులో మండుతోంది అనుకున్నాడు ప్రీస్ట్లీ. గాల్లోంచి ఆ కాస్త ఫ్లాగిస్టాన్ కూడా తొలగించగా వచ్చిన వాయువే ఈ కొత్త వాయువు అనుకున్నాడు ప్రీస్ట్లీ. ఆ వాయువుకి డీఫాగిస్టికేటెడ్ ఎయిర్ (ఫ్లాగిస్టాన్ రహిత గాలి) అని పేరు పెట్టాడు.

ప్రీస్ట్లీ కనుక్కున్న ఆ వాయువుకి త్వరలోనే ఆక్సిజన్ అన్న నామం సార్థకమయ్యింది. ఆమ్ల కారి అన్న అర్థం గల గ్రీకు పదం నుండి వచ్చింది ఈ పదం. ఆమ్లాలలో ఎప్పుడూ ఆక్సిజన్ ఉండి ఉండాలని ఆ నాటి కెమిస్టులు భావించేవారు. తదనంతరం ఆ నమ్మకం తప్పని తేలింది. పేరు దిద్దుకోవడానికి అప్పటికే ఆలస్యం అయిపోయింది.

1766లో నై ట్రోజన్, ఆక్సిజన్ ల ఆవిష్కరణలకి పూర్వం హెన్రీ కావెండిష్ (1731–1810) అనే ఇంగ్లీష్ రసాయన శాస్త్రవేత్త ఒక ముఖ్యమైన సత్యాన్ని కనుక్కున్నాడు. కొన్ని ప్రత్యేక లోహాల

మీద ఆమ్లాలని ప్రయోగిస్తే లోహం హరించుకుపోయి, ఏదో వాయువు ఉత్పన్నం అవుతుంది. కావెండిష్ ఆ వాయువుని సేకరించి పరీక్షించాడు.

ఆ వాయువు చాలా తేలికగా ఉంది. వివిధ వాయువుల సాంద్రతలని పోల్చి పరీక్షించినవాడిలో మొదటి వాడు కావెండిష్. ఒక నిర్ణీత ఘనపరిమాణంలో వివిధ వాయువుల పాళ్లు ఎంతెంత ఉంటాయో కొలవడానికి ప్రయత్నించాడు కావెండిష్. ఉదాహరణకి ఒక పాత్రలో గాలి బరువు 14 ఔన్సులు ఉంది అనుకుందాం. ఈ కొ త్త వాయువును అదే ఘనపరిమాణంలో నింపితే దాని బరువు ఒక ఔన్సే ఉంటుంది. కావెండిష్ పరీక్షించిన వాయువులు అన్నిట్లోకి ఇది అత్యంత తేలికైనది. నేటికీ అదే అత్యంత తేలికైనది.

పైగా ఈ కొత్త వాయువు సులభంగా మండగలదు. నిజానికి మండిస్తే విస్ఫోటాత్మకంగా మండుతుంది. కావెండిష్ దానికి అగ్గి గాలి అని పేరు పెట్టాడు. ఫ్లాగిస్టాన్ అంటే ఇదేనేమో అన్న ఆలోచన కూడా వచ్చింది. కావెండిష్ కనుక్కున్న గాలి మండినప్పుడు చిన్న చిన్న ద్రవం బొట్లుగా ఏర్పడుతోంది. పరీక్షించి చూడగా ఆ ద్రవం నీరని తేలింది. అందుకే ఆ వాయువుకి హైడ్రోజన్ అని పేరు పెట్టారు. హైడ్రోజన్ అన్న పదం ఉదజని (నీటిని పుట్టించేది) అన్న అర్థంగల గ్రీకు పదం నుండి వచ్చింది.

1774 నాటికే ఆంట్వాన్ లారెంట్ లెవోషియే (1743-1794) అనే ఫ్రెంచ్ రసాయన శాస్త్రవేత్త కొంతకాలంగా జ్వలన ప్రక్రియని అధ్యయనం చేస్తున్నాడు. మూసిన పాత్రలో ఓ వస్తువును మండించినప్పుడు, లేదా లోహాల విషయంలో అయితే తుప్పు పట్టిస్తే, పాత్ర బరువుని అందులో ఉన్న పదార్థపు బరువుతో కలిపి పరిశీలిస్తే మొత్తం బరువులో ఏ మాత్రం మార్పు రాదు. అంతే కాకుండా తుప్పు పట్టిన లోహాల బరువు, మండించిన వస్తువుల బూడిద బరువు మండించడానికి ముందున్న మూల పదార్థపు బరువు కన్నా ఎక్కువగా ఉందని కూడా గమనించాడు.

లోహాల బరువు పెరిగి మొత్తం పాత్ర యొక్క బరువు ఎప్పట్లాగే ఉందంటే పాత్రలో మరేదో అంశం యొక్క బరువు తగ్గి ఉండాలి. ఇక పాత్రలో మిగిలినది గాలి మాత్రమే. అంటే గాలి బరువు తగ్గి ఉండాలి. గాలిలో కొంత భాగం లోహంలోకి ప్రవేశించి ఉండాలి.

ఈ ఊహ నిజమని నిరూపించాడు లెవోషియే. ఎందుకంటే తరువాత పాత్ర మూత తెరిచినప్పుడు తగ్గిన గాలి బరువును భర్తీ చెయ్యడానికి బయట ఉన్న గాలి లోపలికి ప్రవేశించడం గమనించాడు. అంతే కాక గాలితో నిండిన పాత్రనో నీట్లో బోర్లించి అందులో

లోహాన్ని తుప్పు పట్టనిచ్చినప్పుడు నష్టపోయిన గాలి భాగాన్ని భర్తీ చెయ్యడానికి నీటి మట్టం పై కి లేవడం కూడా కనిపించింది. అలా ఎగసిన నీరు గాలిలో సుమారు ఐదో వంతు భాగాన్ని భర్తీ చేసింది.

ఈ ప్రయోగాలను బట్టి ఫ్లాగిస్టాన్ సిద్ధాంతం శుద్ధ తప్పు అని అర్థం చేసుకున్నాడు లెవోషియే. ఫ్లాగిస్టాన్ ని కలిపి నందుకో తీసేసినందుకో గాలి బరువు మారలేదు. అసలు ఫ్లాగిస్టాన్ అనేదే లేదు. నిజానికి గాలి మూల పదార్థం కాదు. అది రెండు విలక్షణమైన వాయువుల మిశ్రమం. ఆ రెండు వాయువులు మూలకాలు. గాలిలో 4/5 వంతులు నైట్రోజన్, 1/5 వంతులు ఆక్సిజన్ ఉంటాయి.

ఏదైనా పదార్థాన్ని మండించినప్పుడు, లేదా తుప్ప పట్టనిచ్చినప్పుడు అది గాలిలోని ఆక్సిజన్ తో కలిసి బరువు పెరుగుతుందని వాదించాడు లెవోషియే. ఆక్సిజన్ మాయమై, నైట్రోజన్ మాత్రమే మిగులుతుంది. ఇనుము తుప్పు పట్టినప్పుడు అది ఆక్సిజన్ తో కలిసి ఐరన్ ఆక్సయిడ్ గా మారుతుంది. పాదరసాన్ని వేడిచేసినప్పుడు అది ఆక్సిజన్ తో కలిసి ఇటుక రంగు మెర్క్యురీ ఆక్సయిడ్ గా మారుతుంది. ఆ మర్క్యురీ ఆక్సయిడ్ ని మళ్ళీ వేడి చేస్తే పాదరసం, ఆక్సిజన్ లు గా విడిపోతుంది. మెర్క్యురీ ఆక్సయిడ్ నుండి వచ్చిన ఆక్సిజన్ లో మామూలు గాలిలో కన్నా వస్తువులు త్వరగా మండుతాయి. ఎందుకంటే గాలిలో ఉన్నది కేవలం 1/5 వంతు ఆక్సిజనేగా!

ఆ విధంగా ఫ్లాగిస్టాన్ తో పని లేకుండా రూథర్ఫర్డ్ చేసిన ప్రయోగానికి, ప్రీస్ట్లీ చేసిన ప్రయోగానికి వివరణ దొరికింది.

కట్టెలోను, కొవ్వొత్తిలోను ఉండే అణువులలో కార్బన్ పరమాణువులు ఉంటాయి. (ఇంచు మించు నూరు శాతం కార్బన్ మాతమే కల పదార్థాలకి బొగ్గు ఒక తార్కాణం.) కార్బన్ పరమాణువులు ఆక్సిజన్ తో కలిస్తే కార్బన్డయాక్సయిడ్ తయారు అవుతుంది. ఎన్నో ఆక్సయిడ్ల లాగానే ఇది కూడా వాయువే కనుక గాల్లో కలిసిపోతుంది. అందుకే కట్టెని మండించినప్పుడు మిగిలే బూడిద బరువు కట్టె బరువు కన్నా తక్కువగా ఉంటుంది. అందుకే కొవ్వొత్తిలో మైనం కాలినప్పుడు ఇంచుమించు పూర్తిగా మాయమైపోతుంది.

జ్వలన ప్రక్రియ గురించిన అవగాహన, అందుకు పాతికేళ్ల తరువాత వచ్చిన పరమాణుసిద్ధాంతం ఆధునిక రసాయన శాస్త్రానికి పునాదులు.

3. అణువులు – ఎత్తులు

లెవోషియే కృషి వల్ల నిజంగా గాలి అంటే ఏంటో మనుషులకి అర్థం అయ్యింది. గాలిలో 78% నైట్రోజన్, 21% ఆక్సిజన్ (లెవోషియే అంచనా వేసినట్టు రమారమి 4/5 మరియు 1/5 వంతులు అన్నమాట) ఉంటుందని నేడు మనకు తెలుసు. అయితే 78 + 21 = 99 మాత్రమే కదా? మరి మిగతా 1 శాతం గాలిలో ఏముంది?

మామూలుగా గాలిలో కొంచెం తేమ కూడా ఉంటుంది. కాని దాన్ని మనం లెక్కించడం లేదు. గాలిలోని అంశాలని పరిశీలించడానికి తేమను (అలాగే ధూళిని కూడా) తీసేస్తాం. వట్టి పొడిగాలినే తీసుకుంటాం. 78% నై ట్రోజన్, 21% ఆక్సిజన్ మాత్రమే ఉన్న శుద్ధమైన గాలినే తీసుకుంటాం. గాలిలో కాస్త కార్బండాక్సయిడ్ కూడా ఉంటుంది. కాని దాని పాలు 1 శాతం కన్నా చాలా తక్కువ.

గాలిలో నై ట్రోజన్, ఆక్సిజన్ లు కాక మరేదో ఉందని కనుక్కున్న మొట్టమొదటి వాడు కావెండిష్. హైడ్రోజన్ కనుక్కున్నది ఇతడే.

1785లో అతడు ఒక పాత్రలో గాలి తీసుకుని అందులోంచి విద్యుల్లతలని (ఎలక్ట్రిక్ స్పార్క్) పోనించాడు. ఆ విద్యుల్లతలలో ఎంత శక్తి ఉందంటే ఆ ధాటికి నైట్రోజన్, ఆక్సిజన్ లు కలిసి నైట్రోజన్ ఆక్సయిడ్ తయారయ్యింది. (అలాంటి సంయోగాన్ని సాధించడానికి కావలసినంత శక్తి మామూలు ఉష్ణంలో ఉండదు. అదే జరిగేట్టు ఉంటే కేవలం ఓ కార్చిచ్చు వల్ల వాతావరణంలో ఘోరమైన మార్పులు వచ్చేవి.)

నై ట్రోజన్ ఆక్సయిడ్ అణువులని నీట్లో కరిగించి తొలగించవచ్చు. ఆ విధంగా ఉన్న ఆక్సిజన్ అంతా తొలగించబడుతుంది. ఇక మిగిలింది నై ట్రోజన్. మరి కొంచెం ఆక్సిజన్ ని కలిపి చూశాడు కావెండిష్. అలా ఇంకా ఇంకా ఆక్సిజన్ ని కలుపుతూ వచ్చాడు.

అలా కలుపుతూ పోతే ఒక దశలో ఇక వాయువులే ఉండకూడదని ఆలోచించాడు కావెండిష్. ఆ విధంగా గాలిలో కేవలం నై ట్రోజన్, ఆక్సిజన్ మాత్రమే ఉంటాయని నిరూపించేయొచ్చునని సంబరపడ్డాడు. కార్బండయాక్సయిడ్ వంటి వాయువులు కూడా ఉన్నా అవి అతి సూక్ష్మమైన మోతాదుల్లోనే ఉంటాయి.

కావెండిష్ ఎంత వాయువు కలిపినా చివరికి కాస్త వాయువు మిగిలిపోయేది. మొత్తం గాలిలో అది ఎప్పుడూ 1 శాతమే ఉండేది. విద్యుత్తు ప్రభావం వల్ల కూడా అది ఆక్సిజన్ తో కలిసేది కాదు. ఆ వాయువు గాలిలో నైట్రోజన్ కాదు, ఆక్సిజన్ కాదు. కాని అది గాలిలో భాగమే. ఈ

విషయాన్ని కావెండిష్ వైజ్ఞానిక లోకానికి చాటాడు కాని ఎవరూ పట్టించుకోలేదు. ఇంచుమించు ఒక శతాబ్ద కాలం పాటు ఈ ఒక శాతపు శేషం గురించి అంతా మరచిపోయారు.

అయితే ఇతర రంగాలలో పురోగతి జరుగుతూ వచ్చింది. 1811లో అమేడియో అవొగాడ్రో అనే ఇటాలియన్ శాస్త్రవేత్త (1776-1856) వాయువులని అధ్యయనం చేస్తూ ఓ ముఖ్యమైన సూచన చేశాడు. వాయువులు కచ్చితంగా అర్థం కావాలంటే, ఒక నియత ఘనపరిమాణం గల వాయువులో ఒక కచ్చితమైన సంఖ్యలో రేణువులే ఉన్నాయి అనుకోవాలన్నాడు. ఆ రేణువులు అణువులు కావచ్చు, పరమాణువులు కావచ్చు. దాంతో వాయువుల సాంద్రత తెలుసుకుని రేణువుల సంఖ్యను లెక్కించడానికి వీలవుతుంది.

ఉదాహరణకి ఆక్సిజన్ అణువు బరువు తక్కిన అణువులతో పోల్చితే ఎంత ఉంటుందో అప్పటికే ఒక అవగాహన ఉంది. ఆక్సిజన్ అణువులో ఒకే పరమాణువు ఉంటే అప్పుడు ఆక్సిజన్ సాంద్రత ఒకలా ఉంటుంది. కాని ఆక్సిజన్ సాంద్రత అంతకు రెండు రెట్లు ఉంది. అంటే ఒక్కో ఆక్సిజన్ అణువులో రెండేసి ఆక్సిజన్ పరమాణువులు ఉండి ఉండాలి. రసాయన శాస్త్రవేత్తలు ఆక్సిజన్ అణువుని O_2 అన్న చిహ్నంతో వ్యవహరిస్తారు. అదే విధంగా నైట్రోజన్, హైడ్రోజన్ అణువుల్లో కూడా రెండేసి పరమాణువులు ఉంటాయి. అందుకే వాటిని N_2 అని H_2 అని వ్యవహరిస్తారు.

ఆవొగాడ్రొ సూచనలని వెంటనే అందరూ వెంటనే ఆమోదించలేదు. శాస్త్రవేత్తలు కూడా మనుషులే గా మరి. ఒక కొత్త విషయాన్ని ఆమోదించడానికి కొన్ని సార్లు చాలా కాలం పడుతుంది.

1860లో రసాయన శాస్త్రంలో ఉండే అవకతవకలను సరిదిద్దేందుకుగాను యూరప్ లో రసాయన శాస్త్రవేత్తలంతా ఓ అంతర్జాతీయ సమావేశంలో కలిశారు. ఆ సమావేశానికి హాజరు అయిన వాళ్లలో ఒకడు స్టానిస్లా కనీజ్జారో (1826–1910) అనే ఇటాలియన్ రసాయన శాస్త్రవేత్త. అవొగాడ్రో సూచన గురించి అతడు రెండేళ్ల క్రితమే విన్నాడు. ఏ అణువులో ఎన్ని పరమాణువులు ఉంటాయి అన్న విషయంలో చెలరేగుతున్న వివాదాలకి అవొగాడ్రో సూచన చక్కని పరిష్కారం కాగలదని కనీజ్జారో సూచించాడు. తన వాదనలతో అందరినీ మెప్పించాడు, ఒప్పించాడు.

1860 కల్లా గాలి యొక్క రసాయన విశ్లేషణ పూర్తయినట్టే. పూర్తిగా కాకపోయినా 99% పూర్తయినట్టే.

అయితే ఆ రోజుల్లో శాస్త్రవేత్తల కృషి భూమికి దగ్గరగా ఉన్న గాలి పొరకే పరిమితం. మరి వారికి అందుబాటులో ఉన్నది అదే కదా. ఇంకా పైన ఉండే గాలి ఇక్కడ కిందన ఉండే గాలి లాగానే ఉంటుందని అనుకోవడం సమంజసంగానే అనిపిస్తుంది. కాని అది నిజమేనా?

ఎత్తులో గాలి ఎలా ఉంటుందో పరిశీలించాలంటే పాస్కల్ సోదరులు చేసినట్టు ఏ కొండలో, గుట్టలో ఎక్కి చూడాలి. కాని కొండలు, గుట్టలు ఎక్కడం ప్రమాదంతో కూడిన పని. మరో విషయం ఏంటంటే యూరప్ లో కొండలు మరీ అంత ఎత్తయినవి కావు. దక్షిణ అమెరికాలోను, ఆసియా లోను ఇంకా పెద్ద కొండలు ఉన్నాయి. కాని వాటిని ఎక్కడం బహుకష్టం. పైగా ప్రపంచంలో అతిపెద్ద పర్వతం కూడా కేవలం 5 1/2 మైళ్ల ఎత్తే ఉంది.

అయితే 1783లో జోసెఫ్ మిచెల్ మాంట్ గోల్ఫియర్ (1740–1810), అతడి సోదరుడు జాన్ ఎతియన్ మాంట్ గోల్ఫియర్ (1745–1799) గాలి బుడగను కనుక్కున్నారు. తేలికైన వాయువుతో నింపబడ్డ ఈ బుడగ గాలి కన్నా తేలికైనది కావడం వల్ల, కట్టె నీటి మీద తేలినట్టు బుడగ గాల్లో తేలుతుంది.

మాంట్ గోల్ఫియర్ మొదటి బుడగ జూన్ 3, 1783లో ఎగరేయబడింది. అందులో వేడిగాలి వాడారు. కాని జాక్ అలెగ్జాండర్ చార్లెస్ అనే ఫ్రెంచ్ శాస్త్రవేత్త వేడిగాలికి బదులు హైడ్రోజన్ ని వాడాలని సూచించాడు. ఆగస్ట్ 23, 1783 హైడ్రోజన్ బుడగ ఎగరేయబడింది.

అనతికాలంలోనే ఈ బుడగల క్రీడకి యూరప్ లో బాగా ప్రాముఖ్యత పెరిగింది. వాటిని స్త్రీలు కూడా నడిపించడం ఒక విశేషం అయిపోయింది. బుడగను నడిపించిన మొట్టమొదటి మహిళ పేరు జీన్ లాబ్రోస్. బుడగలు ఎగరేయడంలో, అందులో ప్రయాణించడంలో ఉండే ఆర్భాటం, ఉత్సాహం ఇవన్నీ చూసి సామాన్య ప్రజానీకం కూడా ఈ బుడగల పట్ల ఆకర్షితులయ్యారు. కాని కొంతమంది మాత్రం ఈ బుడగలని వైజ్ఞానిక దృష్టితో చూడసాగారు. ఎంతైనా ఎత్తయిన కొండలు ఎక్కడం కన్నా బుడగలలో పై కెగరడం చాలా సులభం.

1784లో జాన్ జెఫ్రీస్ అనే (1745–1810) అనే అమెరికన్ డాక్టర్ లండన్ నగరం మీద బుడగలో ఎగిరాడు. తన తోపాటు ఓ థర్మామీటార్, వివిధ ఎత్తుల నుండి గాలిని సేకరించడానికి సాధనాలు అన్నీ తీసుకెళ్ళాడు. బుడగతో చేసిన మొట్టమొదటి వైజ్ఞానిక పరీక్ష ఇదే.

అయితే జెఫ్రీస్ ఎగిరిన ఎత్తు మరీ అంత ఎత్తేమీ కాదు. కాని 1804లో ఫ్రెంచ్ రసాయన శాస్త్రవేత్త లూయీ గే లుసాక్ (1778–1850) బుడగలో ఇంచుమించు 4.5 మైళ్ళ ఎత్తుకి ఎగిరాడు. యూరప్ లోని అత్యున్నత పర్వతాల కన్నా ఈ ఎత్తు ఓ మైలు ఎక్కువ.

గే లుసాక్ ఆ ఎత్తు నుండి గాలిని సేకరించాడు. భూమి ఉపరితలం వద్ద ఉన్న గాలిలోని అంశాల నిష్పత్తే అక్కడ కూడా ఉందని అతడు గమనించాడు.

అయితే అంత ఎత్తులో గాలి పలుచన అవుతుంది. బుడగకి వేలాడదీసిన తెరిచి ఉన్న గండోలా (బుట్టలో) నించున్న గే లుసాక్ కి ఊపిరి తీసుకోవడం కష్టమయ్యింది. అంతే కాకుండా పై కి పోతున్న కొద్దీ చలి పెరుగుతుంది. ఎందుకంటే పలుచనైన గాలిలో ఎక్కువ ఉష్ణాన్ని లోన నిలుపుకునే గుణం ఉండదు. ఆ చలికి తట్టుకోవడం కష్టమయ్యింది.

తరువాత 1875లో వెనకటి రికార్డు బద్దలు కొడదామని ముగ్గురు మనుషులు బుడగలో ప్రయాణించి 6 మైళ్లు పై కి ఎగిరారు. కాని దురదృష్టవశాత్తు ఆ ప్రయాణంలో ఇద్దరు ప్రాణాలు వదిలారు. మూడవవాడైన గాస్టన్ టిస్యాండ్యే (1843–1899) లో ప్రాణాలతో తిరిగొచ్చాడు. ఆ తరువాత తెరిచి ఉన్న గండోలాలు ఉన్న బుడగల్లో విపరీతమైన ఎత్తులకి ఎగరడానికి ఎవరూ సాహసించలేదు.

1892 నుండి నిర్మానుష (మనుషుల్లేని) బుడగలని పంపడం మొదలయ్యింది. వివిధ ఎత్తుల్లో పరిస్థితులని పరీక్షించడానికి అందులో థర్మామీటర్లు, బారోమీటర్లు మొదలైన సాధనాలతో బుడాగలు పై కెగిరాయి. బుడగలు దిగి వచ్చాక సాధనాలు నమోదు చేసిన విషయాలని పరిశీలించవచ్చు.

లియాన్ ఫిలిప్ టెస్రాన్ ద బార్ (1855–1913) అనే ఫ్రెంచ్ శాస్త్రవేత్త ఈ నిర్మానుష బుడగలతో ఎన్నో అధ్యయనాలు చేశాడు. ఎత్తు పెరుగుతున్న కొలది ఉష్ణోగ్రత తగ్గుతూ ఒక ఎత్తులో −55 డిగ్రీల సెల్షియస్ కి పడిపోతుందని గుర్తించాడు. −55 డిగ్రీల సెల్షియస్ అంటే −67 డిగ్రీల ఫారెన్హీట్ అన్నమాట. ఇది సైబీరియాలో శీతాకాలపు ఉష్ణోగ్రత అన్నమాట. అయితే ఆ ఎత్తు కన్నా పై కి పోయినా ఉష్ణోగ్రత −55 డిగ్రీల సెల్షియస్ మాత్రమే ఉంటుంది గాని అంతకన్నా తగ్గదు.

1902లో టెస్రాన్ ద బార్ వాతావరణంలో రెండు విలక్షణమైన ప్రాంతాలు ఉన్నాయని సూచించాడు. అడుగున ఉన్నదంతా మనకు మామూలుగా తెలిసిన వాతావరణం. మేఘాలు, వర్షాలు, గాలి దుమారాలు వగైరా అన్నీ ఈ ప్రాంతానికి చెందినవే. ఈ ప్రాంతానికే టెస్రాన్ ద బార్ ట్రోపోస్ఫియర్ అని పేరు పెట్టాడు. ఇది మార్పు చెందే గో ళం అన్న అర్థం గల గ్రీకు పదం నుండి వచ్చింది. భూమధ్యరేఖకి పది మైళ్లు ఎత్తు వరకు ఈ ట్రోపోస్ఫియర్ విస్తరించి ఉంటుందని ఇతడు నమ్మాడు. భూమధ్యరేఖకి దూరం అవుతున్న కొలది ట్రోపోస్ఫియర్ యొక్క ఎత్తు తగ్గుతూ ఉంటుంది. ధృవాల వద్ద ట్రోపోస్ఫియర్ ఎత్తు ఐదు మైళ్లే ఉంటుంది.

ఉష్ణోగ్రత పెరుగుదల ఆగిపోయే ఎత్తే ట్రోపోస్ఫియర్ కి సరిహద్దు. ట్రోపోస్ఫియర్ కి పైన ఉన్న ప్రాంతంలో వర్షాలు, దుమారాలు మొదలైనవి ఏవీ ఉండవని టెస్రాన్ ద బార్ అనుకున్నాడు. అందుకే ఆ ప్రాంతానికి స్ట్రాటోస్ఫియర్ అని పేరు పెట్టాడు. ఇది పొరలు గల గోళం అన్న అర్థం గల గ్రీకు పదం నుండి వచ్చింది.

4. ప్రశస్త వాయువులు – అయాన్లు

వాతావరణ వాయువులలో ఇంకా తెలీని ఆ 1% లో ఏముంది అన్న ప్రశ్నకి ఇప్పటికీ సమాధానం లేదు.

1882 నుండి జాన్ విలియం స్ట్రట్ లార్డ్ రాలీ (1842–1919) అనే ఇంగ్లీష్ శాస్త్రవేత్త నైట్రోజెన్ ని శ్రద్ధగా అధ్యయనం చేయడం మొదలెట్టాడు. ఇతర పరమాణువులతో పోల్చితే నైట్రోజెన్ పరమాణువు బరువు ఎంతో తెలుసుకోవాలని అతడి ఉద్దేశం. పరీక్ష కోసం వాడే నైట్రోజెన్ ని రెండు విధాలుగా సేకరించాడు. మొదటి పద్ధతి, గాలి లో ఉన్న ఆక్సిజన్, నీటి ఆవిరి, కార్బండయాక్సయిడ్, ధూళి మొదలైన వాటన్నిటినీ తొలగించడం. రెండవ పద్ధతి కొ న్ని ప్రత్యేక ఖనిజాలని ఉపయోగించి నై ట్రోజెన్ ని తయారుచెయ్యడం.

నై ట్రోజెన్ పరమాణువుని ఏ ఖనిజం నుండి తీసినా, పరమాణువు బరువు మాత్రం ఒకటే కావడం గమనించాడు రాలీ. కాని గాలి నుండి తీసిన నై ట్రోజెన్ పరమాణువుల బరువు మాత్రం ఖనిజం నుండీ తీసిన పరమాణువుల కన్నా కాస్త ఎక్కువ ఉంది. తేడా ఎందుకు వస్తోందో రాలీకి అర్థం కాలేదు. పరిశోధనా వివరాలని వెల్లడి చేస్తూ ఇతర శాస్త్రవేత్తలని ఈ చిక్కు ముడి విప్పమని అభ్యర్థించాడు.

ఇంతలో సర్ విలియం రామ్సే (1852–1916) అనే స్కాటిష్ రసాయన శాస్త్రవేత్త ఈ సమస్యని చేపట్టడానికి అనుమతి కోరాడు. కావెండిష్ దేనితోనూ కలియని గాలిబుగ్గని కనుక్కోవడం అతడికి గుర్తు. బహుశ ఆ ప్రయోగంలో నై ట్రోజెన్ కన్నా బరువైన వాయువేదో కలిసిందేమో? ఖనిజం నుండి తీసిన నై ట్రోజెన్ అయితే శుద్ధమైన నై ట్రోజెన్ మాత్రమే అయ్యుంటుంది. కాని గాలి లోంచి తీసిన నై ట్రోజెన్ లో మరేదో బరువైన అజ్ఞాత వాయువు కలిసి ఉండవచ్చు. కనుకనే గాలి నుంచి తీసిన నై ట్రోజన్ బరువు కాస్త ఎక్కువగా ఉండవచ్చు.

ఆ నాటికే రసాయన శాస్త్రవేత్తలకి స్పెక్ట్రోస్కోప్ యొక్క వినియోగం గురించి బాగా తెలుసు. ఈ సాధనంతో అణువులని, పరమాణువులని గుర్తుపట్టవచ్చు. వాయువుని వేడి చేస్తే కాంతిని

వెలువరిస్తుంది. ఈ కాంతిలో చిన్న చిన్న తరంగాలు ఉంటాయి. ప్రతీ అణువు, లేక పరమాణువు కొన్ని ప్రత్యేక తరంగ దైర్ఘ్యాల వద్దే కిరణాలను వెలువరిస్తుంది. వేలి ముద్రల సహాయంతో మనిషిని గుర్తుపట్టినట్టు తరంగదైర్ఘ్యాల సహాయంతో అణువుని గుర్తుపట్టవచ్చు.

కావెండిష్ చేసిన ప్రయోగాన్నే రామ్సే కూడా చేసి చూశాడు. ఆ ప్రయోగంలో గాలిబుగ్గ లోని వాయువులని పరీక్షిస్తే దాని తరంగదైర్ఘ్యాలకి, నైట్రోజన్ తరంగ దైర్ఘ్యాలకి మధ్య ముఖ్యమైన తేడాలు ఉన్నట్టు తెలిసింది. అప్పటికి వరకు తెలిసిన మరే ఇతర మూలకాలూ అలాంటి తరంగదైర్ఘ్యాలు వెలువరించలేదు. 1895 లో రామ్సే ఇదో కొత్త మూలకం అని నిస్సందేహంగా తెలుసుకున్నాడు. దానికి ఆర్గాన్ అని పేరు పెట్టాడు. ఈ గ్రీకు పదానికి జడం అని, సోమరి అని అర్థం ఉంది. ఈ ఆర్గాన్ అణువులు ఒక దాంతో ఒకటి కూడా కలియవు. అందుకే ఆర్గాన్ అణువులో ఒకే పరమాణువు ఉంటుంది. ఒక్క ఆర్గాన్ పరమాణువు బరువు, రెండు పరమాణువులతో కూడుకున్న నైట్రోజన్ అణువు బరువు కన్నా ఎక్కువ ఉంది.

అంటే శుద్ధమైన పోడి గాలిలో 78% నైట్రోజన్, 21 % ఆక్సిజన్, 1% ఆర్గాన్ ఉంటాయి అన్నమాట.

రామ్సే కాలం నాటికే రసాయన శాస్త్రవేత్తలు వివిధ మూలకాల గురించి ఎంతో తెలుసుకున్నారు. ఆర్గాన్ వంటి మూలకం ఉన్నప్పుడు, అలాగే మరే ఇతర అణువులతోనూ చర్య జరపని ఇతర మూలకాలు కూడా నిశ్చయంగా ఉండవచ్చన్న భావన చాలా మందికి సబబు అనిపించింది. రామ్సే అలాంటి అణువుల అన్వేషణలో పడ్డాడు.

ఆర్గాన్ యొక్క ఆవిష్కరణ జరిగిన సంవత్సరమే, వేడి చేస్తే ఏదో వాయువుని వెలువరించే ఓ ఖనిజం గురించి విన్నాడు రామ్సే. ఆ వాయువు నైట్రోజెన్ అని కూడా విన్నాడు. కాని అది నిజంగా నైట్రోజన్ యేనా?

రామ్సే ఆ వాయువుని నమూనా కి కొంచెం తెప్పించుకున్నాడు. దాన్ని వేడి చేసి దాని నుండి వచ్చే తరంగదైర్ఘ్యాలని పరీక్షించాడు. అది నిశ్చయంగా నైట్రోజెన్ కాదు. అది ఆర్గాన్ కూడా కాదు. మరి అదేంటబ్బా?

చాలా కాలం క్రితం అంటే 1868లో ఫ్రెంచ్ ఖగోళశాస్త్రవేత్త పియర్ జూల్స్ సేసర్ జాన్సెన్ (1824–1907) సూర్యకాంతిలో కనుక్కున్న తరంగదైర్ఘ్యాలకి, ఈ కొత్త వాయువు నుండి వచ్చే తరంగదైర్ఘ్యాలకి పోలిక ఉండడం గమనించి ఆశ్చర్యపోయాడు రామ్సే. వర్ణపటంలోని గీతలు సూర్యుడిలో ఉండే ఏదో కొత్త మూలకానికి సంబంధించినవని అనుకుని జాన్సెన్ ఆ

మూలకానికి హీలియం అని పేరు పెట్టాడు. హీలియోస్ అంటే గ్రీకు భాషలో సూర్యుడు అని అర్థం. ఆ విధంగా రామ్సే భూమి మీద హీలియం కనుక్కున్నవాడు అయ్యాడు.

ఈ విధమైన అన్వేషణ కొనసాగిస్తూ రామ్సే పెద్ద పెద్ద మొత్తాల్లో ఆర్గాన్ వాయువును తీసుకుని దాని విశ్లేషణ మొదలెట్టాడు. వాటిలో చిన్న చిన్న మొత్తాల్లో ఇతర అజ్ఞాత వాయువులు కలిసి ఉండడం గమనించాడు. 1898లో అతడు మూడు కొత్త వాయువులని కనుక్కున్నాడు. వాటిలో మొదటిది నియాన్. ఇది నవీనం అనే అర్థం గల గ్రీకు పదం నుండి వచ్చింది. రెండవది క్రిప్టాన్. ఇది గుప్తం అన్న అర్థం గ్రీకు పదం నుండి వచ్చింది. మూడవది జీయాన్. ఇది అపరిచితం అన్న అర్థం గల గ్రీకు పదం నుండి వచ్చింది.

ఈ మూడు వాయువులని, ఆర్గాన్ హీలియం వాయువులతో కలిపి, వాటికి జడవాయువులని, లేదా ప్రశస్త వాయువులని పేరు పెట్టారు. ఈ వాయువులన్నీ కూడా వాతావరణంలో ఉంటాయి. అయితే అర్గాన్ తప్ప తక్కిన నాలుగూ అతిసూక్ష్మ మోతాదుల్లో ఉంటాయి. గాలిలో కేవలం 1/50,000 వంతు మాత్రమే నియాన్ ఉంటుంది. హీలియం, క్రిప్టాన్, జీనాన్ వాయువులు ఇంకా అల్ప మోతాదుల్లో ఉంటాయి. ఇవి కాకుండా చిన్న చిన్న మోతాదుల్లో కాబండయాక్సయిడ్, హైడ్రోజెన్, మీథేన్ వాయువులు కూడా ఉంటాయి. ఒక మీథేన్ అణువులో ఒక కార్బన్ పరమాణువు, నాలుగు హైడ్రోజెన్ పరమాణువులు ఉంటాయి.

గాలిలో నుండి తగుమోతాదుల్లో ఈ జడ వాయువులని వెలికి తీయడం చాలా కష్టం. కాని రామ్సే తన కృషిని ప్రారంభించిన రోజుల్లోనే వాయువుల మీది పరిశోధనలు కొ త్త బాటలు తొక్కుతున్నాయి.

1800 తొలి దశల్లో గాలిని ఎంతగా చల్లబరచినా అది ద్రవ్య రూపంలోకి మారేది కాదు. ఏళ్లు గడుస్తున్న కొద్దీ శాస్త్రవేత్తలు ఇంకా ఇంకా తక్కువ ఉష్ణోగ్రతలు ఎలా సాధించాలో తెలుసుకున్నారు. దాంతో వరుసగా ఒక్కొక్క వాయువుని ద్రవీకరిస్తూ వచ్చారు.

చివరికి 1877లో లూయీ పాల్ కాయిటే అనే ఫ్రెంచ్ శాత్రవేత్త ఆక్సిజన్, నై ట్రోజెన్ వాయువులు కూడా ద్రవీకరించేటంత తక్కువ ఉష్ణోగ్రతలు సాధించగలిగాడు. ఆక్సిజన్   –183 డిగ్రీల సెల్షియస్ (–297 డిగ్రీల ఫారెన్హీట్) వద్ద, నై ట్రోజెన్   –194 డిగ్రీల సెంటిగ్రేడ్ (–194 ఫారెన్హీట్) వద్ద ద్రవ్య రూపానికి వచ్చాయి. ఈ రెండు వాయువులని ద్రవీకరించాక, గాలిని కూడా ద్రవీకరించడానికి వీలయ్యింది. కాని మొదట్లో చిన్న చిన్న మొత్తాల్లోనే వీలయ్యింది.

1895లో కార్ల్ లిండే (1842–1934) అనే జర్మన్ రసాయన శాస్త్రవేత్త ఈ సమస్యని చేపట్టాడు. పెద్ద మొత్తాల్లో, తక్కువ వ్యయంతో గాలి ద్రవాన్ని ఎలా తయారు చెయ్యాలో కనిపెట్టాడు. వాయు రూపంలో ఉన్న గాలి కన్నా ద్రవ్య రూపంలో ఉన్న గాలి సాంద్రత చాలా ఎక్కువ. అంటే

ఒక గాలన్ ద్రవ్యరూపం గాలి లో ఒక గాలన్ వాయురూపం గాలిలో కన్నా మరిన్ని రకాల అణువులు ఎక్కువ సంఖ్యలో ఉంటాయి. రసాయన శస్త్రవేత్తలు పెద్ద మొత్తాల్లో ద్రవ్య గాలి నుండి పెద్ద మొత్తాల్లో శుద్ధ ఆక్సిజన్ ని, శుద్ధ నై ట్రోజెన్ ని, తగు మొత్తాల్లో ప్రశస్త వాయువులని   –అత్యంత అరుదైన జీనాన్ ని కూడా – ఉత్పత్తి చేయగలిగారు.

1800 ల చివరి కల్లా గాలి యొక్క అంతరంగ రచన ఇంచుమించు పూర్తిగా తెలిసిపోయింది. అయినా నింగి నిచ్చెనని ఎక్కాలన్న ఆశ శాస్త్రవేత్తల్లో ఇంకా చావలేదు. ఆరు మైళ్లకి మించిన ఎత్తుకి మనిషి ఎక్కలేదు. అంతకన్నా ఎత్తుకి మనుషుల్లేని బుడగలే ఎగరగలిగాయి.

కాని మరీ ఎత్తుకి పెళ్తే గాలి బాగా పలుచన అయిపోతుంది – మరి శ్వాస తీసుకునే దెలా? మరి తెరిచిన బుట్టలో ప్రయాణించడానికి బదులు, లోపల మామూలు సాంద్రత వద్ద గాలి ఉన్న మూసిన మందిరంలో నిలుచుని ప్రయాణించ వచ్చు కదా?

చివరికి సరిగ్గా అదే చేశారు. ఆగస్త్ పికార్డ్ అనే స్విస్ శాస్త్రవేత్త ఓ కొత్తరకం పెద్ద పెద్ద బుడగలు తయారు చేశాడు. వీటిలో అలూమినంతో చేసిన మందిరాలు ఉంటాయి. అందులో కూర్చుని ఇతగాడు 1931లో ఇంచుమించు 11 మైళ్లు ఎత్తుకి ఎగిరాడు. బుడగని పైకి ఎత్తడానికి హీలియం వాయువు వాడాడు. హీలియం హైడ్రోజన్ అంత తేలికైన వాయువు కాదు. కాని హైడ్రోజన్ లా అది మండదు, పేలదు, కనుక మరింత శ్రేయస్కరమైనది.

తదనంతరం పట్టుబట్టతో బదులు ప్లాస్టిక్‌తో బుడగలు చేయసాగారు. వాటిలో ఎక్కి మనుషులు ఇరపై మైళ్ల ఎత్తు వరకు ప్రయాణించసాగారు. నిర్మానుష బుడగలు ముప్పై మైళ్ల ఎత్తు వరకు ఎగరగలిగాయి.

ఇంకా ఎత్తులకి ఎగిరిన బుడగలు స్ట్రాటోస్ఫియర్ లో పై పై కి పెళ్తున్న కొ ద్దీ ఉష్ణోగ్రత స్థిరంగా లేదని తెలిపాయి. నిజానికి ఉష్ణోగ్రత పెరగసాగింది. 30 మైళ్ళ ఎత్తు వద్ద స్ట్రాటోస్ఫియర్ అంతమైపోతుంది. ఆ పైన ఉన్నది ఉపరి వాతావరణం.

ఇరపై మైళ్ళ ఎత్తుకి పైన ఉన్న వాతావరణం బరువు మొత్తం వాతావరణం బరువులో 2% మాత్రమే. కాని అంత పలుచని పొరలో కూడా ఎన్నో విచిత్రాలు జరుగుతాయి.

ఉదాహరణకి రాత్రి పూట ఆకాశం లోకి చూస్తే పరిపాటిగా తోకచుక్కలు కనిపిస్తాయి. ఇవి చిన్న పదార్థపు శకలాలు. అంతరిక్షంలో ఎగురుతూ వచ్చి భూమిని ఢీకొంటాయి. అవి ఉపరివాతావరణం లోంచి బాణాల్లా దూసుకొస్తున్నప్పుడు వాటికి, చుట్టూ ఉన్న గాలికి మధ్య తీవ్రమైన రాపిడి జరుగుతుంది. ఆ రాపిడి వల్ల ఆ వస్తువుల్లోని గతిశక్తి ఉష్ణంగా మారి, ఆ పేడికి వస్తువు మండి మసై పోతుంది. అక్కడ గాలి పలుచనే కావచ్చు. కాని ఆ కాస్త గాలి

చాలు ఉల్కలని మసి చెయ్యడానికి. అప్పుడు పుట్టే తేజం అరవై, ఎనభై మైళ్ల ఎత్తు వద్ద కూడా కనిపిస్తుంది.

ఇక పోతే సూర్యుడి నుండి ప్రచండ వేగంతో పరమాణువుల కన్నా చిన్న కణాలు దూసుకొస్తుంటాయి. ఈ కణాల ధారలనే సౌరపవనాలు అంటారు. ఈ కణాలకి విద్యుదావేశంతో బాటు గొప్ప శక్తి కూడా ఉంటుంది. ఇవి సూర్యుడి నుండీ అన్ని దిశలోను దూసుకుపోతాయి. కొన్ని భూమిని కూడా ఢీకొంటాయి. ఆ తాకిడిలో భూమి ఉపరివాతావరణంలోకి చొచ్చుకు వచ్చి, అక్కడి అణువులని, పరమాణువులని విచ్ఛిన్నం చేస్తాయి.

అలా విచ్ఛిన్నం అయిన అణువులకి, పరమాణువులకి విద్యుదావేశం ఉంటుంది. వీటినే అయాన్లు అంటారు. విద్యుదావేశం లేని తటస్థ అణువుల కన్నా ఇవి మరింత శక్తివంతమైనవి.

మరి సహజంగా భూమి మీద పగటి వైపు మాత్రమే సౌరపవనాల తాకిడి ఉంటుంది. రాత్రి వైపు చేరకుండా భూమి దేహం అడ్డుపడుతుంది. విచ్ఛిన్నమైన అణువులు అవి కోల్పోయిన విడి భాగాలని తిరిగి పొంది, తాకిడిలో పొందిన అదనపు శక్తిని వొదులుకుంటాయి. అలా వెలువడ్డ శక్తి కాంతి రూపంలో వికిరణం అవుతుంది.

భూమి యొక్క అయస్కాంత క్షేత్రం సౌరపవనాలని వంగేట్టు చేస్తుంది. అందుకే సౌరపవనాలు ప్రత్యేకించి ధృవాల వద్దే భూమిని తాకుతాయి. విచ్ఛిన్నమైన అణువుల నుండి వెలువడే కాంతి సరిగ్గా అక్కడే వెలువడుతుంది. ఆ కాంతికే అరోరా అని పేరు. ధృవరాత్రులలో ఇదో విశేషం.

కళ్ళకి స్పష్టంగా కనిపించేటంత అరోరాని పుట్టించడానికి తగినంత గాలి భూమి ఉపరితలానికి వంద మైళ్ల ఎత్తులో కూడా ఉంది. కొన్ని సార్లు ఆరువందల మైళ్ళ ఎత్తులో కూడా అరోరా కనిపిస్తుంది.

1950లలో ఇంకా చాలా ఎత్తు వరకు, వాతావరణాన్ని కూడా దాటి పోగల రాకెట్లని ఎలా పంపాలో తెలుసుకున్నారు మనుషులు. ఈ పద్ధతిలో పన్నెండు వందల మైళ్ళ ఎత్తు లో కూడా రాకెట్ గమనం మీద ప్రభావాన్ని చూపగల పెద్ద మొత్తాల్లో అణువుల, పరమాణువుల రాశులు ఉన్నాయని కనుక్కున్నారు. ఆ ఎత్తుల్లో ఉన్న వాయువుల్లో అధికభాగం హీలియం పరమాణువులు, హైడ్రోజెన్ పరమాణువులు, హైడ్రోజన్ అణువులు మాత్రమే ఉన్నాయి. భూమి వాతావరణంలోనే కాదు, ఈ సమస్త విశ్వంలోనూ ఇవే అత్యంత తేలికైన అణువులు.

1901లో ఇటాలియన్ ఎలక్ట్రికల్ ఇంజినీరు గుగ్లీమో మార్కోనీ [1](1874–1937) అట్లాంటిక్ మహాసముద్రానికి ఒక చివరన ఉన్న ఇంగ్లండ్ నుండీ అవతల చివరన ఉన్న న్యూఫౌండ్లాండ్ వరకు రేడియో తరంగాలని పంపించగలిగాడు. ఈ విషయం అందరికీ ఆశ్చర్యం కలిగించింది. ఎందుకంటే మరి రేడియో తరంగాలు సరళ రేఖలోనే ప్రయాణిస్తాయి. ఇంగ్లండ్ నుండీ న్యూఫౌండ్లాండ్ ని చేరుకోవాలంటే రేడియో తరంగాలు భూమి వంపు వెంట వంగాలి. మరి అది ఎలా సాధ్యమయ్యింది?

1902లో ఆర్థర్ ఎడ్విన్ కెన్నెల్లీ అనే బ్రిటిష్–అమెరికన్ ఎలక్ట్రికల్ ఇంజినీరు రేడియో తరంగాలు గాల్లోని అయాన్లని ఢీకొని పరావర్తనం చెందుతాయి అన్న వాదనని ప్రతిపాదించాడు. ఉపరివాతావరణంలో అయాన్లతో సమృద్ధిగా ఉన్న పొర ఒకటుందని అతడు సూచించాడు. రేడియో తరంగాలు అయాన్ల పొర నుండి పరావర్తనం చెంది భూమికి, మళ్లీ భూమి నుండి పరావర్తనం చెంది అయాన్ల పొరకి ఇలా భూమ్యాకాశాల మధ్య కొట్టుమిట్టాడుతూ ఉంటాయి. ఆ విధంగా గజిబిజి గతులలో వంపుగా ఉన్న భూమి చుట్టూ అవి ప్రయాణించగలవు.

సుమారు అదే కాలంలో ఇంగ్లీష్ ఎలక్ట్రికల్ ఇంజినీరు ఆలివర్ హీవిసైడ్ (1850–1925) కూడా అలాంటి సూచననే చేశాడు. అందుకే ఆ వాయు ప్రాంతానికి కెన్నెల్లీ–హీవిసైడ్ ప్రాంతం అని పేరు పెట్టారు.

1924లో ఎడ్వర్డ్ విక్టర్ ఆపిల్టన్ (1892–1965) అనే ఇంగ్లీష్ శాస్త్రవేత్త గాల్లోకి రేడియో తరంగాలని పంపించి అవి నిజంగానే పరావర్తనం చెందుతున్నాయని నిరూపించాడు. ఈ కెన్నెలీ–హీవిసైడ్ ప్రాంతం సుమారు డెబ్బై మైళ్ళ ఎత్తులో ఉంది. ఆ పైన నూటయాభై మైళ్ల ఎత్తు వరకు ఇతర పొరలు ఉన్నాయి. రాబర్ట్ అలెగ్జాండర్ వాట్సన్ వాట్ అనే స్కాటిష్ శాస్త్రవేత్త అరవై మైళ్ళ ఎత్తుకి, నూటయాభై మైళ్ళ ఎత్తుకి మధ్యన అయాన్లతో సమృద్ధిగా ఉన్న ప్రాంతాన్ని అయనోస్ఫియర్ అనొచ్చని సూచించాడు.

ఉపరివాతావరణంలో ఒక ప్రత్యేకమైన వాయువు ఉంటుంది. ఇది దిగువ పొరల్లో అరుదుగానే దొరుకుతుంది. ఈ వాయువు గతాన్ని తవ్వాలంటే 1840 దాకా పోవాలి. క్రిస్టియన్ ఫ్రెడెరిక్ షోన్ బైన్ అనే జర్మన్–స్విస్ రసాయన శాస్త్రవేత్త విద్యుత్ ఉపకరణాల నుండి ఓ విచిత్రమైన వాసన రావడం పసిగట్టాడు. అదేదో కొ త్త వాయువు నుండీ వస్తోందని తెలుసుకున్నాడు. ఆ వాయువుని వేరు చేసి, శాస్త్రీయంగా అధ్యయనం చేశాడు. దానికి ఓజోన్ అని పేరు పెట్టాడు. ఇది వాసన అన్న అర్థం గల గ్రీక్ పదం నుండి వచ్చింది.

---

[1] తంతిరహిత (వైర్లెస్) సమాచార ప్రసారాన్ని కనుక్కున్న ప్రథముడు అందరూ అనుకున్నట్టు మార్కోనీ కాదని, భారతీయ శాస్త్రవేత్త జగదీశ్ చంద్ర బోస్ అని అమెరికా లో పేరెన్నికగన్న ఐ.ఇ.ఇ.ఇ. అనే ఎలక్ట్రికల్ ఇంజనీర్ల సదస్సు 1997లో సాధికారికంగా ఒప్పుకుంది. – అనువాదకుడు

తదనంతరం ఈ ఓజోన్ ఆక్సిజన్ కి రూపాంతరం అని తెలిసింది. ఇందులో రెండుకి బదులు మూడు ఆక్సిజన్ పరమాణువులు ఉంటాయి. ఆక్సిజన్ లో కన్నా ఓజోన్ లో శక్తి ఎక్కువ ఉంది. అందుకే పుష్కలంగా శక్తి ఉన్నప్పుడు అది ఆక్సిజన్ నుండి ఉత్పన్నమవుతుంది. ఆ కారణం చేతనే అది విద్యుత్ ఉపకరణాల నుండీ వెలువడుతుంది. శక్తి సరఫరా ఆపేయగానే వెంటనే ఓజోన్ ఆక్సిజన్ గా విడిపోతుంది.

1913లో చార్లెస్ ఫాబ్రీ (1867–1945) అనే ఫ్రెంచ్ శాస్త్రవేత్త ఉపరివాతావరణంలో ఓజోన్ ఉందని నిరూపించాడు. సూర్యకాంతి లోని శక్తిని గ్రహించి అది ఆక్సిజన్ నుండి ఉత్పన్నమవుతుంది. సౌరశక్తి ప్రభావం చేత ఒక పక్క ఓజోన్ అణువులు ఉత్పన్నమవుతుంటే, మరో పక్క ఆక్సిజన్ అణువులుగా మారిపోతుంటాయి.

వాతావరణంలో రమారమి పదిహేను మైళ్ల ఎత్తులో ఓజోన్ ఉన్న పొరని ఓజోనోస్ఫియర్ అంటారు. ఈ ఓజోనోస్ఫియర్ మనకి చాలా అవసరం. సూర్యుడి నుంచి వచ్చే అతిశక్తివంతమైన అతినీల కాంతిని అది గ్రహిస్తుంది. ఆ కాంతి గనక ఓజోన్ పొరని దాటి వచ్చిందంటే ఇక సులభంగా దిగువ వాతావరణంలో ఉన్న ఆక్సిజన్, నైట్రోజెన్ లని దాటేస్తుంది. అప్పుడా కిరణాలు భూమి మీద, జీవరాశుల మీద పడి చెప్పలేని హాని కలుగజేస్తాయి. ఇలా జరగకుండా స్ట్రాటోస్ఫియర్ లో ఉన్న ఓజోనే మనకు రక్ష.

5. అన్య లోకాలు

ఘనపదార్థాల్లో అణువులు, పరమాణువులు ఒకదాన్నొకటి బలంగా పట్టుకుని ఉంటాయి. కాని వాయువులలో అలా కాదు. వాయువులలో అణువులు ఒకదాన్నొకటి అలా అతుక్కుని ఉండవు. అన్నీ దూర దూరంగా సంచరిస్తూ ఉంటాయి. పృథ్వీ వాతావరణంలోని వాయువులు కూడా అలాగే దూరంగా విస్తరించి అంతరిక్షంలో మాయమైపోవచ్చు. కాని భూమి యొక్క గురుత్వాకర్షణ వాటిని భూమిని వదిలి పోనివ్వదు.

చిన్న గ్రహాలకి గురుత్వాకర్షణ తక్కువగా ఉంటుంది. ఉదాహరణకి చంద్రుడి గురుత్వాకర్షణ భూమి ఉపరితలం వద్ద ఉండే గురుత్వాకర్షణలో ఆరో వంతు ఉంటుంది. చంద్రుడి చుట్టూ ఒక వాతావరణాన్ని పట్టి ఉంచగలిగేటంత బలమైనది కాదు చంద్రుడి గురుత్వాకర్షణ. కనుక చంద్రుడు నిర్వాతమైన (గాలిలేని) ప్రాంతం అన్నమాట. చంద్రుడి కన్నా చిన్న ఖగోళ వస్తువులన్నీ నిర్వాతమైనవే అవుతాయి.

అదే విధంగా గ్రహం ఎంత వేడిగా ఉంటే దాని మీద ఉన్న గాలి అణువులన్నీ అంత సంచలనంగా కదుల్తూ ఉంటాయి. కనుక ఆ గ్రహపు గురుత్వాకర్షణకి తన చుట్టూ ఒక వాతావరణాన్ని పట్టి ఉంచడం మరింత కష్టం అవుతుంది. ఉదాహరణకి మర్క్యురీ, మార్స్ గ్రహాలనే తీసుకుందాం. రెండూ భూమి కన్నా చిన్నవే. రెండిటికీ ఉపరితలం వద్ద గురుత్వాకర్షణ భూమి ఉపరితలం వద్ద గురుత్వాకర్షణకి 2/5 వంతులు ఉంటుంది. మర్క్యురీ సూర్యుడికి అతి సన్నిహితంగా ఉన్న గ్రహం కనుక చాలా వేడిగా ఉంటుంది. కనుక వాతావరణాన్ని నేలకు బంధించి ఉండడానికి ఆ గ్రహపు గురుత్వానికి బలం సరిపోదు. కనుక అది కూడా చంద్రుడిలా నిర్వాతమైనదే.

ఇక మార్స్ విషయానికి వస్తే అది భూమి కన్నా సూర్యుడికి మరింత దూరంగా ఉంటుంది. కనుక అక్కడ అంటార్కిటికా కన్నా చల్లగా ఉంటుంది. అక్కడి గురుత్వ ప్రభావం వల్ల వాతావరణం ఉన్నా అక్కడి గాలి చాలా పలుచగా ఉంటుంది. ఆ గాలి సాంద్రత పృథ్వీ వాతావరణపు గాలి సాంద్రతలో నూరో వంతు మాత్రమే ఉంటుంది.

మరో గ్రహానికి వాతావరణం ఉన్నంత మాత్రాన అక్కడ కూడా మన వాతావరణంలో ఉండే వాయువులే ఉన్నాయనుకోవడానికి లేదు. అసలు నిజానికి ఏ వాతావరణంలో నయినా ఇంత పుష్కలంగా ఆక్సిజన్ ఉండడం చాలా ఆశ్చర్యకరం. ఆక్సిజన్ చాలా సక్రియమైన వాయువు. అది సులభంగా ఇతర పదార్థాలతో చర్య జరుపుతుంది. ఆక్సిజన్ అసలు ఏ కారణం చేతనైనా ఒక వాతావరణంలో లభ్యం అయినా కాలక్రమేణా ఇతర పదార్థాలతో చర్యలు జరుపుతూ ఆ వాతావరణం నుండి క్రమంగా మాయమవుతుంది.

మన వాతావరణంలో ఆక్సిజన్ ఉండడానికి కారణం పచ్చని మొక్కలే. ఇవి సౌరశక్తిని, కార్బండయాక్సయిడ్ ని, నీటిని కలిపి తమ దేహాలని నిర్మించుకుంటాయి. ఈ ప్రక్రియలో ఆక్సిజన్ వెలువడుతుంది. జంతువులు ఈ గాలిని పీల్చుకుంటాయి. అందులో ఆక్సిజన్ ని, మొక్కలోని చక్కెరతో కలిపి కార్బండయాక్సయిడ్ ని, నీటిని ఉత్పన్నం చేస్తాయి.

ఈ రెండు ప్రక్రియల మధ్య సమతూనిక ఉంటుంది. జంతువులు ఎంత వేగంగా ఆక్సిజన్ ని వాడేస్తాయో, మొక్కలు అంత వేగంగా ఆక్సిజన్ ని ఉత్పన్నం చేస్తాయి. అందుచేత మొక్కలు ఆక్సిజన్ ని ఉత్పత్తి చేసిన కోటానుకోట్ల సంవత్సరాలూ పృథ్వీ వాతావరణంలో ఆక్సిజన్ స్థిరంగా నిలిచి ఉంది.

మొక్కల్లో కార్బండయాక్సయిడ్ నుండి ఆక్సిజన్ ఉత్పన్నమయ్యే విధానాలు జనించక ముందు పృథ్వీ వాతావరణంలో బహుశ ఆక్సిజన్ లేదేమో. కార్బండయాక్సయిడ్ మాత్రమే ఉండేదేమో. భూమి మీద పచ్చని చెట్లే పుట్టకపోయి ఉంటే పృథ్వీ వాతావరణం నేడు కార్బండయాక్సయిడ్ తోను, నైట్రోజన్ తోను నిండిపోయి ఉండేది.

నిజానికి 1970 లలో పంపిన రాకెట్ల వార్తను బట్టి మార్స్ గ్రహం మీది పలుచని వాతావరణమంతా కార్బండయాక్సయిడ్, నై ట్రోజన్ వాయువుల మయం అని తెలిసింది. దీన్ని బట్టి మార్స్ మీద ఏవో కొన్ని సూక్ష్మజీవాలు తప్పించి భూమిని పోలిన విలక్షణమైన జీవ సంపద ఉండే అవకాశం లేదని నమ్మకంగా తెలుస్తోంది.

వీనస్ గ్రహం ఇంచుమించు భూమి అంత పెద్దది. దాని గురుత్వ శక్తి కూడా భూమితో పోల్చదగ్గదే. దాని మీద కూడా కార్బండయాక్సయిడ్ తోను, నై ట్రోజన్ తోను కూడుకున్న సాంద్రమైన వాతావరణం ఉంది.

భూమి కన్నా వీనస్ సూర్యుడికి మరింత దగ్గర. కనుక ఇంకా వేడిగా ఉంటుంది. భూమి మీద అయితే పెద్ద మొత్తాల్లో కార్బండయాక్సయిడ్ లోహాలతో కలిసి కార్బనేట్లు ఉత్పన్నం అవుతాయి. వీనస్ మీద ఉండే అధిక తాపం వల్ల కార్బనేట్లు కరిగిపోయి లోనున్న కార్బండయాక్సయిడ్ వాతావరణంలోకి విడుదల అవుతుంది.

కార్బండయాక్సయిడ్ కి వేడిని లోన నిలుపుకునే లక్షణం ఉంది. కనుక వాతావరణంలో కార్బండయాక్సయిడ్ పెరుగుతున్న కొ ద్ది వీనస్ ఇంకా ఇంకా వేడెక్కిపోతుంది. వేడి పెరుగుతున్న కొద్ది కార్బనేట్లు ఇంకా ఇంకా విచ్ఛిన్నమవుతుంటాయి. దీనికి పర్యవసానంగా భూమి కన్నా 100 రెట్లు సాంద్రమైన వీనస్ వాతావరణంలో కార్బండయాక్సయిడ్ పుష్కలంగా ఉంటుంది. అలాంటి వాతావరణంలో ఎంత వేడి నిలిచి ఉంటుందంటే వీనస్ మన సౌరమండలంలో కెల్లా అతి తప్తమైన గ్రహం అంటే ఆశ్చర్యం లేదు. సూర్యుడికి మరింత చేరువగా ఉండే మర్క్యురీ కన్నా వీనస్ ఉష్ణోగ్రత ఎక్కువ. ఎందుకంటే మర్క్యురీకి వేడిని నిలుపుకోగల వాతావరణం లేదు.

ఒక అణువు గాని, ఒక పరమాణువు గాని, దాని పరిమాణం చిన్నదవుతున్న కొలది, ఒక ప్రత్యేక ఉష్ణోగ్రత వద్ద దాని చలన వేగం మరింత ఎక్కువగా ఉంటుంది. అంత మేరకు అలాంటి అణువు మీద గురుత్వపు పట్టు మరింత తక్కువగా ఉంటుంది. మరి పరమాణువులలో కెల్లా చిన్నవి హైడ్రోజెన్, హీలియం అణువులు.

సౌరమండలం రూపుదేలుతున్న తొలిదశలలో భూమి, తదితర గ్రహాలలో ఉండే పదార్థం మొత్తం హైడ్రోజన్, హీలియం ల మయమై ఉండేది. భూమి మొదలైన సన్నిహిత గ్రహాలు సూర్యుడికి బాగా దగ్గరగా రూపొందాయి. ఆ స్థితిలో వాటి వేడి ఎంత ఎక్కువగా ఉండేదంటే తేలిక వాయువులైన హైడ్రోజన్, హీలియం లు ఆ గ్రహాల మీద నిలువ లేకపోయాయి. సూర్యుడిలో స్వల్పంగా ఉన్న భారమైన అణువులతో, పరమాణువులతో ఈ సన్నిహిత గ్రహాలు

తయారయ్యాయి. కనుకనే భూమి, మార్స్, వీనస్, మర్క్యురీ, చంద్ర గ్రహాలు చిన్నవిగా ఉంటాయి.

సూర్యుడికి దూరంగా ఉండే అంతరిక్ష ప్రాంతంలో మరించ చల్లగా ఉంటుంది. అక్కడ రూపొందుతున్న గ్రహాలు హైడ్రోజన్, హీలియం లని నిలుపుకోగలిగాయి. ఆ కారణం చేత అవి పెద్దవయ్యాయి. వాటి గురుత్వం కూడా హెచ్చయ్యింది. కనుక ఆ గ్రహాలు మరింత సులభంగా హైడ్రోజన్, హీలియం లని పట్టుకోగలిగాయి. ఆ కారణం చేతనే జూపిటర్, సాటర్న్, యురేనస్, నెప్ట్యూన్, గ్రహాలు బృహద్ గ్రహాలు అయ్యాయి. ఈ బృహద్ గ్రహాల వాతావరణం లోతుగా, సాంద్రంగా ఉంటుంది. అధిక శాతం హైడ్రోజన్, హీలియం వాయువులు కలిగి ఉంటుంది.

బృహద్ గ్రహాల ఉపగ్రహాలు బాగా చిన్నవి. కనుక సౌరమండలపు అంచులలో ఉండే అతిశీతల అంతరిక్షంలో కూడా ఆ ఉపగ్రహాల మీద పెద్దగా వాతావరణం ఉండదు, ఒక్క టైటన్ ఉపగ్రహాన్ని మినహాయిస్తే. ఈ టైటన్ అనేది సాటర్న్ యొక్క ఉపగ్రహాల్లో కెల్లా పెద్దది. దీని పరిమాణం కాస్త ఎక్కువే. చలి కూడా బాగా ఎక్కువ. కనుక ఈ ఉపగ్రహం మీద మాత్రం వాతావరణం ఉంటుంది.

టైటన్ మీది వాతావరణాన్ని 1948లో జెరార్డ్ పీటర్ కూయ్పర్ (1905–1973) అనే డచ్–అమెరికన్ శాస్త్రవేత్త కనుక్కున్నాడు. స్పెక్ట్రోస్కోప్ తో అక్కడి కాంతిని పరిశీలించి అక్కడ మీథేన్ ఉందని కనుక్కున్నాడు. 1983లో ఒక రాకెట్ సాటర్న్ పక్క నుండి దూసుకుపోతూ టైటన్ వాతావరణంలో అధికశాతం నైట్రోజన్ ఉందని కనుక్కుంది. నైట్రోజన్ ని స్పెక్ట్రోస్కోప్ లో స్పష్టంగా గుర్తించడం కష్టం.

మనకు తెలిసినంత మేరకు మన సౌరమండలంలో ఏడు గ్రహాల మీద, ఒక ఉపగ్రహం మీద వాతావరణాలు ఉన్నాయి.

నాలుగు గ్రహాల మీద (జూపిటర్, సాటర్న్, యురేనస్, నెప్ట్యూన్ లు) ఇంచు మించు పూర్తిగా హీలియం, హైడ్రోజన్ వాయువులు ఉన్న వాతావరణాలు ఉన్నాయి.

రెండు గ్రహాల మీద (వీనస్, మర్క్యురీ లు) ఇంచు మించు పూర్తిగా కార్బండయాక్సయిడ్, నైట్రోజన్ వాయువులు ఉన్న వాతావరణాలు ఉన్నాయి.

ఒక్క ఉపగ్రహం (టైటన్) మీద మాత్రం ఇంచు మించు పూర్తిగా నై ట్రోజన్, మీథేన్ వాయువులు ఉన్న వాతావరణం ఉంది.

ఒక్క గ్రహం (భూమి) మీద మాత్రం ఇంచు మించు పూర్తిగా ఆక్సిజన్, నై ట్రోజన్ వాయువులు ఉన్న వాతావరణం ఉంది.

మనకు తెలిసిన గ్రహాలలో ఒక్క భూమి మీద మాత్రమే ఆక్సిజన్ ఉంది. అందుకే అది మానవజాతికి నివాస యోగ్యమయ్యింది.